

Parâmetros genéticos para características de crescimento e reprodução de bovinos da raça Canchim

Luis Henrique Fernandes Borba⁽¹⁾, Fernando Sebastián Baldi Rey⁽²⁾, Luiz Otávio Campos da Silva⁽³⁾, Arione Augusti Boligon⁽²⁾ e Maurício Mello de Alencar⁽⁴⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Distrito de Jundiá, RN 160, Km 03, Caixa Postal 07, CEP 59280-000 Macaíba, RN. E-mail: luishenrique@ct.ufrn.br ⁽²⁾Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Zootecnia, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: fernandobaldiuy@gmail.com, arioneboligon@yahoo.com.br ⁽³⁾Embrapa Gado de Corte, BR 262, Km 4, Caixa Postal 154, CEP 79002-970 Campo Grande, MS. E-mail: locs@cnpqc.embrapa.br ⁽⁴⁾Embrapa Pecuária Sudeste, Fazenda Canchim, Caixa Postal 339, CEP 13560-970 São Carlos, SP. E-mail: mauricio@cnpse.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos para idades ao primeiro (IPP) e segundo partos (ISP), idades ao primeiro (IPP_{PEN}) e segundo partos penalizadas (ISP_{PEN}), e a ocorrência de parto até os 38 meses de idade (PP₃₈), em bovinos da raça Canchim, bem como estimar as relações genéticas entre essas características e o peso (PE₄₂₀) de machos e fêmeas e a circunferência escrotal (CE₄₂₀) de novilhos, medidos aos 420 dias de idade. Foram estimados parâmetros genéticos em análises bicaracterísticas, por meio de inferência bayesiana. As análises foram realizadas entre CE₄₂₀ e PE₄₂₀ e as características reprodutivas medidas em fêmeas. As características reprodutivas das fêmeas devem apresentar baixa resposta à seleção, e mudanças no manejo e nas condições ambientais melhoram tais características. A seleção quanto ao maior peso aos 420 dias de idade não deve provocar mudanças nas características reprodutivas em fêmeas, enquanto a seleção para o aumento da circunferência escrotal, na mesma idade, contribui para melhorar tais características.

Termo para indexação: bovinos de corte, circunferência escrotal, idade ao parto, ocorrência de parição, peso.

Genetic parameters for growth and reproductive traits of Canchim breed

Abstract – The objective of this work was to estimate genetic parameters for age at first (AFC) and at second (ASC) calvings, penalized age at first (AFC_{PEN}) and at second (ASC_{PEN}) calvings, and occurrence of calving until 38 months of age (PP₃₈) in Canchim breed, as well as to estimate the genetic correlations between these traits with weight (PE₄₂₀) of males and females, and scrotal circumference (CE₄₂₀) measured at 420 days of age. Genetic parameters were estimated by two-trait analyses using the Bayesian inference. The analyses were performed between CE₄₂₀ and PE₄₂₀, and the reproductive traits measured in the females. The female reproductive traits should show low response to selection, and changes in the management and environmental conditions improve these traits. Selection for the higher weight at 420 days of age does not change female reproductive traits, while selection to increase scrotal circumference, at the same age, contributes to improve such traits.

Index terms: beef cattle, scrotal circumference, age at calving, occurrence of calving, weight.

Introdução

As características reprodutivas têm grande importância econômica na produção de bovinos de corte (Brumatti et al., 2011), entretanto, não são amplamente utilizadas nos programas de avaliação genética (Silva et al., 2003). Um dos motivos para esse uso limitado é a baixa herdabilidade das características de fertilidade, além das dificuldades de mensuração e interpretação de algumas delas (Silva et al., 2003; Boligon et al., 2007). Assim, a busca por métodos adequados para coleta e análise destas características é de grande interesse para

os programas de melhoramento genético de bovinos de corte.

Entre as características reprodutivas mais utilizadas em programas de avaliação genética estão as idades ao primeiro e segundo partos. A idade ao primeiro parto é de fácil mensuração e útil, porque marca o início da vida reprodutiva das novilhas (Silva et al., 2000; Baldi et al., 2008). A exposição de novilhas à reprodução, em idades mais jovens, pode trazer benefícios à seleção quanto à precocidade sexual do rebanho, o que poderá melhorar a eficiência produtiva (Baldi et al., 2008). Entretanto, Dias et al. (2004) afirmam que, na seleção

para a idade ao primeiro parto, é importante que a fazenda tenha manejo adequado, para que as fêmeas jovens sejam desafiadas a entrar em reprodução mais cedo. Em relação à idade ao segundo parto, poucos trabalhos sobre estimativas de parâmetros genéticos dessa característica são encontrados na literatura (Silva et al., 2000; Talhari et al., 2003; Baldi et al., 2008).

Na busca de precocidade sexual, vários autores, entre eles Eler et al. (2002) e Silva et al. (2003), estudaram a ocorrência de prenhez precoce na raça Nelore, em que, normalmente, fêmeas que confirmam prenhez até os 14 meses de idade recebem o escore 1, equivalente ao sucesso, enquanto fêmeas que não concebem até essa idade recebem o escore 0, equivalente ao fracasso, o que constitui a prenhez precoce como característica de limiar de fácil mensuração. Essa característica pode responder rapidamente à seleção, em virtude das altas estimativas de herdabilidade que têm sido obtidas, de 0,50 a 0,73, para novilhas expostas ao touro pela primeira vez entre os 14 e 18 meses de idade (Eler et al., 2002, 2004; Silva et al., 2003). Outra característica que vem sendo utilizada, em vários programas de melhoramento genético, é o perímetro escrotal. O perímetro escrotal de novilhos, normalmente medido após a desmama, é utilizado como característica indicadora da precocidade sexual e apresenta a vantagem de ser de fácil mensuração em grandes populações. Além disto, as estimativas de herdabilidade obtidas para essa característica são de moderadas magnitudes (0,29 a 0,46) (Silva et al., 2000; Pereira et al., 2001; Boligon et al., 2010b).

Apesar da importância das características reprodutivas, o peso corporal ou a taxa de crescimento de machos e fêmeas em idades jovens ainda é o critério de seleção mais utilizado pela maioria dos criadores de bovinos de corte no Brasil. Na raça Canchim, ainda são limitados os estudos realizados para estimação da correlação genética entre características de crescimento mensuradas em animais jovens, como peso e perímetro escrotal, e características reprodutivas associadas à precocidade sexual das fêmeas (Silva et al., 2000; Talhari et al., 2003; Mucari et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos para idades ao primeiro e segundo partos, idades ao primeiro e segundo partos penalizadas e ocorrência de parto até os 38 meses de idade, em

bovinos da raça Canchim, bem como estimar as relações genéticas entre essas características e o peso de machos e fêmeas e a circunferência escrotal, medidos aos 420 dias de idade.

Material e Métodos

Os dados utilizados no presente trabalho foram cedidos pelo Programa de Melhoramento da Raça Canchim, executado pela Associação Brasileira de Criadores de Canchim (ABCCAN), em parceria com a Embrapa, por meio do Geneplus (Programa Embrapa de Melhoramento). Foram utilizados dados de idade ao primeiro parto (IPP), idade ao primeiro parto penalizada (IPP_{PEN}), idade ao segundo parto (ISP), idade ao segundo parto penalizada (ISP_{PEN}), ocorrência de parto até os 38 meses de idade (PP₃₈), peso corporal aos 420 dias de idade (PE₄₂₀) e circunferência escrotal aos 420 dias de idade (CE₄₂₀), de bovinos criados em regime exclusivo de pastagens, com suplementação mineral durante todo o ano. O número de animais com dados avaliados foi de 23.168, dos quais 12.493 fêmeas e 10.675 machos.

Para as características IPP, IPP_{PEN} e PP₃₈, foram considerados animais nascidos entre os anos de 1978 e 2004, para ISP e ISP_{PEN}, entre os anos de 1978 e 2003, para PE₄₂₀, foram utilizados dados de machos e fêmeas nascidos de 1978 a 2008 e para CE 420, dados de machos nascidos de 1992 a 2007. Para todas as características, as seguintes restrições foram consideradas na formação dos arquivos de dados: apenas dados de animais criados em regime de pastagens; para animais com peso ao sobreano (próximo aos 420 dias de idade), apenas dados com medida dentro da amplitude da média ± 3 desvios-padrão; grupos de contemporâneos com no mínimo quatro observações; e grupos de contemporâneos com filhos de pelo menos dois touros. O número de animais avaliados, grupos de contemporâneos formados, pais, mães e fazendas existentes e as estatísticas descritivas para cada característica analisada estão descritos na Tabela 1. A matriz de parentesco continha informações de 39.720 animais.

Para IPP, foram consideradas apenas fêmeas que efetivamente tiveram o primeiro parto. A IPP_{PEN} foi calculada tendo-se considerado apenas fêmeas que

efetivamente tiveram o primeiro parto e, para as fêmeas que não tiveram o primeiro parto, a IPP_{PEN} foi calculada tendo-se considerado que a fêmea concebeu 21 dias após a data da última concepção das fêmeas dentro de seu grupo de contemporâneos. Para tanto, somaram-se 21 dias à data do último parto do grupo de contemporâneos, considerada como a data de parto das fêmeas a serem penalizadas naquele grupo de contemporâneos e utilizada para calcular a idade ao primeiro parto dessas vacas. Para ISP, foram consideradas apenas fêmeas que efetivamente tiveram o primeiro e o segundo partos. A ISP_{PEN} foi calculada de maneira semelhante à IPP_{PEN} , tendo-se considerado também as fêmeas que não pariram nenhuma vez.

Para a variável PP_{38} , as fêmeas que pariram pela primeira vez até 1.159 dias de idade receberam o escore 1 (sucesso), e as que não pariram ou pariram pela primeira vez após essa idade receberam escore 0 (fracasso). Para as análises, somou-se 1 a esses escores, ou seja, 1 passou a ser fracasso e 2 passou a ser sucesso. Os grupos de contemporâneos foram formados pela junção das variáveis: ano de nascimento, estação de nascimento e fazenda. Para PE_{420} , o grupo de contemporâneos incluiu também o sexo do animal. Para isso, foram formadas as seguintes estações de nascimento: 1, animais nascidos em janeiro, fevereiro e março; 2, animais nascidos em abril, maio e junho; 3, animais nascidos em julho, agosto e setembro; e 4, animais nascidos em outubro, novembro e dezembro.

Nas análises, foram estimados os componentes de variâncias e covariâncias e os coeficientes de herdabilidade, para todas as características, e as correlações genéticas entre as características

reprodutivas medidas em fêmeas com o peso aos 420 dias (PE_{420} , machos e fêmeas) e a circunferência escrotal (CE_{420} , machos).

O modelo estatístico adotado para as características contínuas (IPP , IPP_{PEN} , ISP , ISP_{PEN} , PE_{420} e CE_{420}) pode ser representado como: $y = Xb + Z_1g + \varepsilon$, em que: y é o vetor de observações referentes às variáveis dependentes; b é o vetor de efeitos sistemáticos; g é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos; ε é o vetor de erros aleatórios residuais, associados às observações; e X e Z_1 são as respectivas matrizes de incidência para cada efeito. Os efeitos sistemáticos foram compostos pelos grupos de contemporâneos, formados de acordo com a característica analisada. Para PE_{420} e CE_{420} , também foi incluída a idade do animal como covariável (efeitos linear e quadrático).

Para a característica categórica PP_{38} , o modelo estatístico adotado pode ser representado como: $y = Z_1g + Z_2gc + \varepsilon$, em que: y é o vetor de observações referentes às variáveis dependentes; g é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos; gc é o vetor de efeitos aleatórios de grupo de contemporâneos; ε é o vetor de erros aleatórios residuais, associados às observações; e Z_1 e Z_2 são as respectivas matrizes de incidência para cada efeito.

Os componentes de variância, covariância e os parâmetros genéticos foram estimados em análises bayesianas bicaracterísticas, por meio do programa computacional TRHGIBBS1F90 (Misztal, 2010) e de um modelo animal limiar-linear, para as análises com a característica PP_{38} . Para tal característica, a variância residual foi fixada em 1, tendo-se considerado o grupo de contemporâneos como efeito aleatório. Para as demais análises, foi utilizado o

Tabela 1. Número de animais, pais, mães, grupos de contemporâneos (GC) e de fazendas (NFAZ) e estatísticas descritivas com os valores mínimo, máximo e médio±desvio-padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para as características idade ao primeiro parto (IPP), idade ao primeiro parto penalizada (IPP_{PEN}), idade ao segundo parto (ISP), idade ao segundo parto penalizada (ISP_{PEN}), ocorrência de parto até os 38 meses de idade (PP_{38}), peso corporal (PE_{420}) e circunferência escrotal (CE_{420}) aos 420 dias de idade.

Característica	Animais	Pais	Mães	GC	NFAZ	Média±DP	Mínimo	Máximo	CV (%)
IPP (dias)	5.001	680	4.193	460	72	1.117±165	662	1.532	14,8
IPP_{PEN} (dias)	8.469	725	6.448	432	71	1.221±220	662	1.553	16,4
ISP (dias)	3.013	527	2.680	330	59	1.667±223	1.037	2.266	13,5
ISP_{PEN} (dias)	6.963	626	5.382	330	59	1.832±258	1.037	2.287	14,1
PP_{38}	8.469	725	6.448	432	71	1.398±0,44	1	2	35,0
PE_{420} (kg)	23.168	1.107	13.487	1.624	132	260±52	120	438	20,1
CE_{420} (cm)	8.120	693	6.141	533	84	24,7±3,6	15,0	34,5	14,6

programa computacional GIBBS2F90 (Misztal, 2010) e um modelo animal linear-linear.

Em todas as análises, foram geradas cadeias de Gibbs de 1 milhão de iterações. De cada 100 iterações, retirou-se uma amostra, tendo-se obtido, assim, 10 mil amostras. A partir da amostra obtida a posteriori, foram considerados todos os n valores de variância e de herdabilidade, em ordem crescente, e foram descartados os $(\alpha/2)\%$ menores e maiores, em que $\leq 0,05$ de probabilidade. Assim, os intervalos de credibilidade (IC-95%) foram calculados como o intervalo real que foi do menor até o maior dos valores restantes. Para todas as características, a média de variância a posteriori, estimada em cada uma das análises bicaracterísticas, foi usada para a estimação da herdabilidade média a posteriori.

Por meio do programa computacional R 2.9.0 (R Development Core Team, 2009), foram realizados procedimentos para verificar a convergência das estimativas, como o diagnóstico de convergência de Heidelberger & Welch (1983), Geweke (1992), e o método visual; todos esses procedimentos estão no Bayesian Output Analysis Program - BOA (Smith, 2005).

O teste de Geweke (1992) utiliza a comparação dos valores iniciais e finais da cadeia de Markov, para verificar falhas de convergência, de modo que, na hipótese de nulidade testada, afirma-se que houve convergência, pois valores de probabilidade abaixo de 0,05 indicam evidências contrárias à convergência das cadeias. No teste de Heidelberger & Welch (1983), testa-se a hipótese nula de estacionariedade da amostra gerada e, quando há sinais de não-estacionariedade, repete-se o teste após a eliminação de 10% iniciais das iterações. Tal processo termina, quando 50% das iterações são descartadas ou até que ocorra a aprovação da cadeia analisada no teste. O teste de Heidelberger & Welch (1983) utiliza a estatística de Cramer-von-Mises. Pelo método visual, observam-se os gráficos gerados, de maneira que é possível verificar a convergência das cadeias, pela tendência, e das áreas de densidade de distribuição das cadeias.

Resultados e Discussão

A média fenotípica, obtida para a característica PP_{38} , foi de 1,398 (Tabela 1), o que indica que 39,8% das fêmeas tiveram o primeiro parto até a idade de 38

meses. A estimativa média de herdabilidade quanto à idade ao primeiro parto ($0,05 \pm 0,02$, Tabela 2) foi semelhante à obtida por Buzanskas et al. (2010), que obtiveram herdabilidade de 0,04, por meio de inferência bayesiana, para a idade ao primeiro parto em fêmeas da raça Canchim. Entretanto, pelo método Máxima Verossimilhança Restrita (REML), outros autores obtiveram estimativas de herdabilidade levemente superiores, que variaram de 0,09 a 0,13, quanto à idade ao primeiro parto em fêmeas da raça Canchim (Silva et al., 2000; Talhari et al., 2003; Castro-Pereira et al., 2007; Baldi et al., 2008). Para a idade ao segundo parto, em animais da raça Canchim, Silva et al. (2000) e Baldi et al. (2008) obtiveram, pelo método REML, valores de herdabilidade inferiores à do presente trabalho, ou seja, 0,04 e 0,08, respectivamente.

No presente trabalho, a penalização das características idade ao parto não trouxe mudanças importantes nas estimativas de herdabilidade para IPP e ISP (Tabelas 2 e 3). Mucari et al. (2007) utilizaram informações sobre animais da raça Canchim e estimaram parâmetros genéticos para a característica dias para o primeiro parto com e sem penalização, com o mesmo método empregado no presente trabalho, e relataram valores de herdabilidade de 0,15 e 0,22, respectivamente.

As baixas estimativas de herdabilidade para as idades ao parto, obtidas no presente trabalho, podem ser consequência dos critérios normalmente adotados para a entrada das novilhas em reprodução, como peso, idade e padrão racial, uma vez que as informações utilizadas são provenientes de novilhas expostas tardiamente. Quando as novilhas não são desafiadas em idades jovens, torna-se difícil detectar se há variação genética aditiva quanto à precocidade sexual. Oseni et al. (2004) citam que, para ocorrer uma diminuição da variância residual da análise, uma alternativa é a adoção de um limite máximo para a idade registrada ao primeiro parto. De acordo com um estudo de Vaz & Lobato (2010), realizado com animais da raça Braford (composta de zebuino e Hereford), houve efeito significativo de peso de novilha ao início do acasalamento sobre o percentual de prenhez dos 13 aos 15 meses de vida, com maior percentual de prenhez à medida que o peso aumentava. Ao estudar a idade ao primeiro parto em novilhas Nelore que, aos 14 ou em torno de 26 meses, foram expostas ao touro pela

primeira vez, Pereira et al. (2001) obtiveram estimativas de herdabilidade de 0,18 e 0,02, respectivamente.

A estimativa média de herdabilidade para a característica ocorrência de parição até os 38 meses de idade foi baixa (Tabela 2), o que indica a possibilidade de baixa resposta à seleção quanto a essa característica. Mercadante et al. (2003) avaliaram características reprodutivas de fêmeas da raça Nelore e obtiveram herdabilidades de 0,04, 0,10 e 0,11 quanto ao sucesso de parição após o primeiro e o segundo acasalamentos, respectivamente. Após estudar a exposição precoce de novilhas à reprodução, entre 14 e 18 meses de idade, alguns autores encontraram estimativas de herdabilidade da probabilidade de prenhez entre 0,50 e 0,73 (Eler et al., 2002, 2004; Silva et al., 2003).

A estimativa de herdabilidade média para a circunferência escrotal, obtida no presente trabalho (Tabela 3), foi inferior à observada por Silva

et al. (2000) (0,30) em animais da raça Canchim aos 12 meses de idade. Boligon et al. (2010b) obtiveram, para animais da raça Nelore, estimativas de herdabilidade de $0,29 \pm 0,03$, $0,39 \pm 0,04$ e $0,42 \pm 0,03$, para a circunferência escrotal aos 9, 12 e 18 meses de idade, respectivamente. A estimativa de herdabilidade média quanto ao peso ao sobreano, foi moderada, semelhante à média estimada por Boligon et al. (2010a) e próxima à encontrada por Koury Filho et al. (2009) ($0,29 \pm 0,07$) – ambas para a raça Nelore – e por Castro-Pereira et al. (2007) ($0,28 \pm 0,03$), para a raça Canchim aos 550 dias de idade. Valores inferiores foram obtidos por Mucari & Oliveira (2003) para raça Guzerá (0,08), Ribeiro et al. (2000) para a raça Santa Gertrudes (0,12) e Marcondes et al. (2000) para animais Nelore (0,26). Valores superiores foram encontrados para a raça Nelore (0,35 a 0,44) por Gunsby et al. (2001),

Tabela 2. Estatísticas descritivas, a posteriori, das estimativas de herdabilidade (h^2) e das variâncias genética aditiva direta (σ_a^2) e residual (σ_e^2), entre peso de machos e fêmeas aos 420 dias de idade (PE_{420}) – como característica 1 – e idade ao primeiro parto (IPP), idade ao primeiro parto penalizada (IPP_{PEN}), idade ao segundo parto (ISP), idade ao segundo parto penalizada (ISP_{PEN}) e ocorrência de parição até os 38 meses (PP_{38}) – como características 2 –, em análises bicaracterísticas.

Estatística	h^2		σ_a^2		σ_e^2	
	1	2	1	2	1	2
IPP						
Média±DP	0,28±0,02	0,05±0,02	359,27±28,62	1.019,13±453,88	897,03±22,34	18.421,53±530,55
Moda	0,25	0,06	358,80	1.213,00	897,70	18.550,00
Mediana	0,29	0,50	358,70	968,55	897,10	18.430,00
IC 95%	0,24 a 0,32	0,02 a 0,09	300,5 a 412,2	338,8 a 1.819	54,1 a 942,1	17.370 a 19.380
IPP_{PEN}						
Média±DP	0,29±0,02	0,04±0,01	362,79±28,82	944,12±380,13	894,46±22,43	27.064,88±531,34
Moda	0,27	0,04	356,20	1.007,00	887,60	26.970,00
Mediana	0,29	0,03	362,60	945,85	894,20	27.070,00
IC 95%	0,25 a 0,33	0,01 a 0,06	305,5 a 417,7	351 a 1.764	850 a 937	25.990 a 28.080
ISP						
Média±DP	0,29±0,02	0,11±0,04	361,80±28,57	4.282,25±1.706,99	895,12±22,22	33.703,31±1.708,06
Moda	0,29	0,06	348,80	4.061,00	892,20	33.980,00
Mediana	0,29	0,11	361,20	4.067,50	895,20	33.790,00
IC 95%	0,25 a 0,33	0,03 a 0,20	306,7 a 417,7	1.101 a 7.523	849,4 a 936,4	30.190 a 36.880
ISP_{PEN}						
Média±DP	0,29±0,02	0,06±0,02	364,44±28,62	2.338,10±783,38	893,45±22,38	39.765±968
Moda	0,30	0,06	358,00	1.898,00	897,70	39.600
Mediana	0,29	0,05	363,50	2.240,00	894,05	39.790
IC 95%	0,25 a 0,33	0,02 a 0,09	306,9 a 418,7	992,4 a 4.008	847,9 a 935,8	37.870 a 41.690
PP_{38}						
Média±DP	0,29±0,02	0,07±0,03	363,39±28,27	-	894,42±22,16	-
Moda	0,28	0,09	340,50	-	895,40	-
Mediana	0,29	0,07	362,70	-	894,50	-
IC 95%	0,25 a 0,33	0,02 a 0,13	311,8 a 423,0	-	852,0 a 939,1	-

DP, desvio-padrão; IC, intervalo de credibilidade.

Marcondes et al. (2002), Mercadante et al. (2003) e Van Melis et al. (2003).

Estimativas de covariância genética negativa foram obtidas entre peso ao sobreano e idade ao primeiro parto e, ainda, entre peso e ocorrência de parição até aos 38 meses de idade cujo resultado foi próximo de zero (Tabela 4). Para as demais características, as estimativas de covariância genética foram positivas. As covariâncias residuais estimadas foram negativas entre peso ao sobreano e todas as características reprodutivas das fêmeas, com exceção da característica ocorrência de parição até os 38 meses, que foi positiva.

As estimativas de correlações genéticas entre peso ao sobreano e as características reprodutivas foram baixas e com desvios-padrão elevados e superiores aos das médias, com IC 95% situados entre valores negativos e positivos para todas essas correlações genéticas (Tabela 4). Ao trabalhar com animais

da raça Canchim, Talhari et al. (2003) obtiveram correlações genéticas negativas e baixas entre peso aos 12 meses e idade ao primeiro parto (-0,32), e entre peso aos 18 meses e idade ao primeiro parto (-0,29). Entretanto, Silva et al. (2000), também em estudo sobre bovinos da raça Canchim, relataram estimativas de correlações genéticas moderadas entre peso aos 12 meses de idade e idade ao primeiro (-0,58) e segundo partos (-0,56). Para a raça Nelore, Pereira et al. (2001) obtiveram estimativa de correlação genética baixa (-0,15) entre peso ao sobreano e idade de exposição pela primeira vez ao touro de novilhas com 26 meses. As médias das estimativas de correlação genética, obtidas no presente trabalho, indicam que a utilização do peso ao sobreano como critério de seleção não implicará mudanças genéticas importantes, a curto e médio prazo, na precocidade sexual e na idade ao segundo parto das fêmeas da raça Canchim.

Tabela 3. Estatísticas descritivas, a posteriori, das estimativas de herdabilidade (h^2) e variâncias genética aditiva direta (σ_a^2) e residual (σ_e^2), entre circunferência escrotal aos 420 dias de idade (CE_{420}) – como característica 1 – e a idade ao primeiro parto (IPP), idade ao primeiro parto penalizada (IPP_{PEN}), idade ao segundo parto (ISP), idade ao segundo parto penalizada (ISP_{PEN}) e ocorrência de parição até os 38 meses (PP₃₈) – como características 2 –, em análises bicaracterísticas.

Estatística	h^2		σ_a^2		σ_e^2	
	1	2	1	2	1	2
IPP						
Média±DP	0,25±0,04	0,05±0,02	2,04±0,36	959,12±348,02	5,96±0,30	18.823±482
Moda	0,25	0,03	1,92	1.033,00	5,99	18.250
Mediana	0,25	0,05	2,02	931,25	5,97	18.280
IC 95%	0,17 a 0,33	0,02 a 0,08	1,32 a 2,70	357,3 a 1.632	5,38 a 6,53	17.340 a 19.210
IPP _{PEN}						
Média±DP	0,26±0,04	0,03±0,01	2,05±0,36	852,77±313,73	5,95±0,30	27.064±514
Moda	0,26	0,02	2,08	1.001,00	5,89	26.870
Mediana	0,25	0,03	2,03	832,80	5,96	27.060
IC 95%	0,17 a 0,33	0,01 a 0,05	1,37 a 2,75	267 a 1.410	5,38 a 6,53	26.050 a 28.060
ISP						
Média±DP	0,26±0,04	0,09±0,04	2,10±0,34	3.459,63±1.556,52	5,92±0,28	34.067±1.625
Moda	0,25	0,04	2,01	2.104,00	5,97	34.270
Mediana	0,26	0,09	2,08	3.225,00	5,92	34.160
IC 95%	0,19 a 0,34	0,03 a 0,18	1,44 a 2,76	839,3 a 6.539	5,36 a 6,46	30.860 a 37.260
ISP _{PEN}						
Média±DP	0,26±0,04	0,05±0,02	2,05±0,34	2.071,06±786,16	5,95±0,29	39.869±959
Moda	0,24	0,05	1,93	1.683,00	6,16	39.720
Mediana	0,25	0,05	2,04	1.971,00	5,96	39.880
IC 95%	0,17 a 0,33	0,02 a 0,09	1,40 a 2,73	703 a 3.624	5,41 a 6,52	37.970 a 41.750
PP ₃₈						
Média±DP	0,26±0,04	0,06±0,03	2,10±0,36	-	5,91±0,30	-
Moda	0,23	0,09	1,93	-	5,85	-
Mediana	0,26	0,06	2,10	-	5,91	-
IC 95%	0,18 a 0,34	0,02 a 0,11	1,41 a 2,82	-	5,32 a 6,48	-

DP, desvio-padrão; IC, intervalo de credibilidade.

As estimativas de covariância genética entre circunferência escrotal aos 420 dias de idade e as características reprodutivas foram negativas, com exceção da ocorrência de parição até os 38 meses de idade (Tabela 5). Apesar dos desvios-padrão das médias das correlações genéticas serem também elevados, observa-se que são menores do que as médias. Os IC 95% das estimativas de correlação genética, em geral, variam de valores negativos a positivos, mas sempre com um dos valores bem mais próximo de zero do que o outro, o que indica que essas estimativas variam menos, relativamente, do que aquelas com o peso ao sobreano.

No presente trabalho, as estimativas de correlação genética entre circunferência escrotal ao sobreano e idade das fêmeas ao primeiro parto foram altas e no sentido favorável (negativa) (Tabela 5). Para as demais características, as correlações genéticas foram moderadas e negativas, com exceção da ocorrência de parição até os 38 meses de idade que foi positiva, mas também no sentido favorável. Portanto, a seleção

quanto à maior circunferência escrotal ao sobreano deverá melhorar a precocidade sexual das fêmeas. Silva et al. (2000), estudaram animais da raça Canchim e obtiveram correlação negativa e de moderada magnitude entre as características circunferência escrotal aos 12 meses e idade ao primeiro parto (-0,47) e entre a circunferência escrotal e idade ao segundo parto (-0,67), que indicam que a seleção para aumentar a circunferência escrotal deverá resultar em redução da idade das fêmeas ao parto. Para a raça Nelore, Silveira et al. (2004) e Boligon et al. (2007) estimaram correlações genéticas negativas e baixas entre a circunferência escrotal aos 18 meses e idade ao primeiro parto, -0,23 e -0,21, respectivamente.

Em geral, as estimativas de correlação genética, obtidas no presente trabalho, indicam que a seleção para maior circunferência escrotal aos 420 dias de idade deve resultar em redução nas idades das fêmeas ao parto, penalizadas ou não. Além disso, a correlação genética positiva entre a circunferência escrotal ao sobreano e a ocorrência de parição até os 38 meses

Tabela 4. Estimativas da covariância genética ($\sigma_{a1,2}$) e residual ($\sigma_{r1,2}$), e de correlação genética (r_a) e residual (r_r) entre as características peso aos 420 dias de idade (PE₄₂₀) e idade ao primeiro parto (IPP), idade ao segundo parto (ISP) e ocorrência de parição até os 38 meses (PP₃₈), em análises bicaracterísticas.

Característica	Média±DP	Moda	Mediana	Mínimo	Máximo	IC 95%
$\sigma_{a1,2}$						
IPP	-58,25±118,16	-153,40	-61,23	-448,90	438,30	-283,8 a 168,6
IPP _{PEN}	27,21±120,93	122,90	23,63	-435,40	431,50	-212,7 a 263,4
ISP	118,95±216,55	226,20	113,30	-673,80	965,10	-296,0 a 547,1
ISP _{PEN}	120,95±149,11	229,70	125,05	-350,60	636,70	-169,3 a 419,8
PP ₃₈	-0,51±0,94	-1,32	-0,52	-4,07	2,80	-2,30 a 1,44
$\sigma_{r1,2}$						
IPP	-896,94±114,49	-1.006	-859,80	-1.314	-462,60	-1.127 a 680,4
IPP _{PEN}	-1.121±108,29	-1.115	-1.120	-1.598	-747,80	-1.338 a -915,3
ISP	-1.219±212,34	-1.297	-1.219	-2.086	-468,20	-1.631 a -811,7
ISP _{PEN}	-1.173±137,14	-1.141	-1.174	-1.658	-709,30	-1.436 a -897,8
PP ₃₈	8,82±0,86	10,03	8,83	5,45	12,27	7,17 a 10,55
r_a						
IPP	-0,09±0,20	-	-0,10	-0,67	0,66	-0,47 a 0,31
IPP _{PEN}	0,05±0,21	-	0,05	-0,64	0,79	-0,35 a 0,46
ISP	0,10±0,18	-	0,10	-0,59	0,72	-0,27 a 0,46
ISP _{PEN}	0,13±0,16	-	0,14	-0,47	0,57	-0,19 a 0,46
PP ₃₈	-0,09±0,17	-	-0,10	-0,58	0,58	-0,44 a 0,24
r_r						
IPP	-0,22±0,03	-	-0,22	-0,32	-0,12	-0,28 a -0,17
IPP _{PEN}	-0,23±0,02	-	-0,23	-0,31	-0,15	-0,27 a -0,19
ISP	-0,22±0,04	-	-0,22	-0,38	-0,08	-0,30 a -0,15
ISP _{PEN}	-0,20±0,02	-0,21	-0,20	-0,27	-0,12	-0,24 a -0,15
PP ₃₈	0,29±0,03	0,33	0,29	0,18	0,40	0,24 a 0,35

DP, desvio-padrão; IC, intervalo de credibilidade.

Tabela 5. Estimativas de covariância genética ($\sigma_{a1,2}$) e correlação genética (r_a) entre as características circunferência escrotal aos 420 dias de idade (CE₄₂₀) e idade ao primeiro parto (IPP), idade ao segundo parto (ISP) e ocorrência de parição até os 38 meses (PP₃₈), em análises bicaracterísticas.

Característica	Média±DP	Moda	Mediana	Mínimo	Máximo	IC 95%
$\sigma_{a1,2}$						
IPP	-28,88±11,89	-29,13	-28,40	-70,20	12,27	-52,94 a -7,09
IPP _{PEN}	-19,96±10,21	-21,18	-19,78	-57,10	16,15	-39,44 a 0,47
ISP	-24,77±22,70	-31,91	-25,60	-105,60	62,49	-66,67 a 20,73
ISP _{PEN}	-18,78±15,04	-21,31	-18,62	-75,75	38,24	-49,46 a 10,96
PP ₃₈	0,13±0,10	0,12	0,13	-0,27	0,50	-0,06 a 0,31
r_a						
IPP	-0,67±0,23	-	-0,68	-1,00	0,26	-1,00 a 0,25
IPP _{PEN}	-0,50±0,25	-	-0,51	-0,99	0,41	-0,99 a -0,06
ISP	-0,33±0,29	-	-0,32	-0,98	0,55	-0,91 a 0,20
ISP _{PEN}	-0,31±0,25	-	-0,31	-0,97	0,46	-0,78 a 0,18
PP ₃₈	0,37±0,25	-	0,38	-0,46	0,95	-0,12 a 0,86

DP, desvio-padrão; IC, intervalo de credibilidade.

de idade indica que a seleção de touros com maior circunferência escrotal ao sobreano deverá aumentar a ocorrência de parição até a referida idade.

Conclusões

1. A seleção para reduzir a idade ao primeiro e segundo partos, bem como para aumentar a proporção de fêmeas com ocorrência de parto até os 38 meses de idade, promove, no longo prazo, melhoria na precocidade sexual e no desempenho reprodutivo de bovinos da raça Canchim.

2. A seleção para maior peso de fêmeas e machos aos 420 dias de idade não provoca mudanças na precocidade sexual e nas características reprodutivas das fêmeas, enquanto a seleção para aumentar a circunferência escrotal de novilhos na mesma idade, contribui favoravelmente para a melhoria destas características.

Referências

BALDI, F.; ALENCAR, M.M. de; FREITAS, A.R.; BARBOSA, R.T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.247-253, 2008.

BOLIGON, A.A.; ALBUQUERQUE, L.G. de; MERCADANTE, M.E.Z.; LÔBO, R.B. Study of relations among age at first calving, average weight gains and weights from weaning to maturity in

Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.746-751, 2010a.

BOLIGON, A.A.; RORATO, P.R.N.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.565-571, 2007.

BOLIGON, A.A.; SILVA, J.A.V.; SESANA, R.C.; SESANA, J.C.; JUNQUEIRA, J.B.; ALBUQUERQUE, L.G. Estimation of genetic parameters for body weights, scrotal circumference, and testicular volume measured at different ages in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1215-1219, 2010b.

BRUMATTI, R.C.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; FORMIGONNI, I.B. Desenvolvimento de índice de seleção em gado de corte sob o enfoque de um modelo bioeconômico. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.205-213, 2011.

BUZANSKAS, M.E.; GROSSI, D.A.; BALDI, F.; BARROZO, D.; SILVA, L.O.C.; TORRES JÚNIOR, R.A.A.; MUNARI, D.P.; ALENCAR, M.M. Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. **Livestock Science**, v.132, p.107-112, 2010.

CASTRO-PEREIRA, V.M. de; ALENCAR, M.M. de; BARBOSA, R.T. Estimativas de parâmetros genéticos e de ganhos direto e indireto à seleção para características reprodutivas e de crescimento em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1029-1036, 2007.

DIAS, L.T.; EL FARO, L.; ALBUQUERQUE, L.G. de. Efeito da idade de exposição de novilhas à reprodução sobre estimativas de herdabilidade da idade ao primeiro parto em bovinos Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.370-373, 2004.

ELER, J.P.; SILVA, J.A. II V.; EVANS, J.L.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; GOLDEN, B.L. Additive genetic relationship between heifer pregnancy and scrotal circumference in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2519-2527, 2004.

ELER, J.P.; SILVA, J.A. II V.; FERRAZ, J.B.S.; DIAS, F.; OLIVEIRA, H.N.; EVANS, J.L.; GOLDEN, B.L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nellore heifers. **Journal of Animal Science**, v.80, p.951-954, 2002.

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to calculating posterior moments. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAWID, A.P.; SMITH, A.F.M. **Bayesian statistics**. 4th ed. Oxford: Oxford University, 1992. p.169-193.

GUNSKI, R.J.; VALLE GARNERO, A. del; REYES BORJAS, A. de los; BEZERRA, L.A.F.; LÔBO, R.B. Estimativas de parâmetros genéticos para características incluídas em critérios de seleção em gado Nelore. **Ciência Rural**, v.31, p.603-607, 2001.

HEIDELBERGER, P.; WELCH, P.D. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v.31, p.1109-1144, 1983.

KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L.G. de; ALENCAR, M.M. de; FORNI, S.; SILVA, J.A. II V.; LÔBO, R.B. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.2362-2367, 2009.

- MARCONDES, C.R.; BERGMANN, J.A.G.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; PEREIRA, J.C.C.; PENNA, V.M. Análise de alguns critérios de seleção para características de crescimento na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.83-89, 2000.
- MARCONDES, C.R.; GAVIO, D.; BITTENCOURT, T.C.C.; ROCHA, J.C.M.C.; LÔBO, R. B.; BEZERRA, L.A.F.; TONHATI, H. Estudo de modelo alternativo para estimação de componentes de (co)variância e predição de valores genéticos de características de crescimento em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.54, p.93-99, 2002.
- MERCADANTE, M.E.Z.; PACKER, I.U.; RAZOOK, A.G.; CYRILLO, J.N.S.G.; FIGUEIREDO, L.A. Direct and correlated response to selection for yearling weight on reproductive performance of Nelore cows. **Journal of Animal Science**, v.81, p.376-384, 2003.
- MISZTAL, I. **GIBBS2F90 manual**. Available at: <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/numpub/blupf90/docs/blupf90.pdf>>. Accessed on: 10 Mar. 2010.
- MUCARI, T.B.; ALENCAR, M.M. de; BARBOSA, P.F.; BARBOSA, R.T. Genetic analyses of days to calving and their relationships with other traits in a Canchim cattle herd. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, p.1070-1076, 2007.
- MUCARI, T.B.; OLIVEIRA, J.A. de. Análise genético-quantitativa de pesos aos 8, 12, 18 e 24 meses de idade em um rebanho da raça Guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1604-1613, 2003.
- OSANI, S.; TSURUTA, S.; MISZTAL, I.; REKAYA, R. Genetic parameters for days open and pregnancy rates in US Holsteins using different editing criteria. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.4327-4333, 2004.
- PEREIRA, E.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Análise genética de algumas características reprodutivas e suas relações com o desenvolvimento ponderal na raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.53, p.720-727, 2001.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009.
- RIBEIRO, P.M.T.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P. Parâmetros genéticos e nível de endogamia em bovinos da raça Santa Gertrudis no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.52, p.641-647, 2000.
- SILVA, A.M. da; ALENCAR, M.M. de; FREITAS, A.R. de; BARBOSA, R.T.; BARBOSA, P.F.; OLIVEIRA, M.C. de S.; CORRÊA, L. de A.; NOVAES, A.P.; TULLIO, R.R. Herdabilidades e correlações genéticas para peso e perímetro escrotal de machos e características reprodutivas e de crescimento de fêmeas, na raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2223-2230, 2000.
- SILVA, J.A. II de V.; VAN MELLIS, M.H.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1141-1146, 2003.
- SILVEIRA, J.C. da; MCMANUS, C.; MASCIOLI, A. dos S.; SILVA, L.O.C.; SILVEIRA, A.C. da; GARCIA, J.A.S.; LOUVANDINI, H. Fatores ambientais e parâmetros genéticos para características produtivas e reprodutivas em um rebanho Nelore no Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1432-1444, 2004.
- SMITH, B.J. **Bayesian Output Analysis program (BOA) version 1.1 user's manual**. 2005. 43p. Available at: <<http://www.public-health.uiowa.edu/boa/BOA.pdf>>. Accessed on: 10 Apr. 2010.
- TALHARI, F.M.; ALENCAR, M.M. de; MASCIOLI, A. dos S.; SILVA, A.M. da; BARBOSA, P.F. Correlações genéticas entre características produtivas de fêmeas em um rebanho da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.880-886, 2003.
- VAN MELIS, M.H.; ELER, J.P.; SILVA, J.A. II de V.; FERRAZ, J.B.S. Estimação de parâmetros genéticos em bovinos de corte utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita e Â. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1624-1632, 2003.
- VAZ, R.Z.; LOBATO, J.F.P. Efeito da idade de desmama no desempenho reprodutivo de novilhas de corte expostas à reprodução aos 13/15 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.142-150, 2010.

Recebido em 20 de julho de 2011 e aprovado em 30 de setembro de 2011